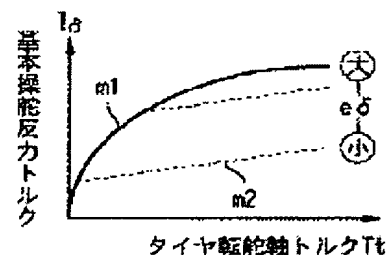


**ELECTRONIC STEERING DEVICE**

**Patent number:** JP2004168150  
**Publication date:** 2004-06-17  
**Inventor:** HARA KAZUO  
**Applicant:** NISSAN MOTOR  
**Classification:**  
- **international:** B62D6/00; B62D5/04; B62D101/00; B62D113/00;  
B62D119/00  
- **europaean:**  
**Application number:** JP20020335256 20021119  
**Priority number(s):** JP20020335256 20021119

**Abstract of JP2004168150**

<P>**PROBLEM TO BE SOLVED:** To inhibit and prevent the variation of steering reaction torque caused by disturbance such as kick-back. <P>**SOLUTION:** A characteristic line m1 indicating the correspondence of tire steering shaft torque  $T_t$  and basic steering reaction torque  $T[\delta]$  in a case free from the disturbance, and a characteristic line m2 wherein the variation of the basic steering reaction torque  $T[\delta]$  to the variation of the tire steering shaft torque  $T_t$  is smaller than that in the characteristic line m1, and the larger a steering angle is, the larger the basic steering reaction torque  $T[\delta]$  is, are determined. The basic steering reaction torque  $T[\delta]$  is determined on the basis of the characteristic line m1, when the disturbance is not found and the tire steering shaft torque  $T_t$  is less than the intersection of the characteristic lines m1 and m2, to generate the steering reaction torque corresponding to the tire steering shaft torque  $T_t$ , and is determined on the basis of the characteristic line m2, when the tire steering shaft torque  $T_t$  is larger than the intersection of the characteristic lines m1, m2 by the disturbance, to reduce the variation of the basic steering reaction torque  $T[\delta]$  to the tire steering shaft torque  $T_t$ , whereby the variation of the steering reaction torque in accompany with the variation of the tire steering shaft torque  $T_t$  caused by the disturbance is inhibited. <P>**COPYRIGHT:** (C) 2004,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-168150

(P2004-168150A)

(43) 公開日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 1

テーマコード (参考)

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 6/00

3 D 0 3 2

B 6 2 D 5/04

B 6 2 D 5/04

3 D 0 3 3

// B 6 2 D 101:00

B 6 2 D 101:00

B 6 2 D 113:00

B 6 2 D 113:00

B 6 2 D 119:00

B 6 2 D 119:00

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-335256 (P2002-335256)

(22) 出願日 平成14年11月19日 (2002.11.19)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(74) 代理人 100066980

弁理士 森 哲也

(74) 代理人 100075579

弁理士 内藤 嘉昭

(74) 代理人 100103850

弁理士 崔 秀▲てつ▼

(72) 発明者 原 一男

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産  
自動車株式会社内

Fターム(参考) 3D032 CC05 CC10 DA03 DA13 DA15

DA23 DC08 DD01 DD02 EB04

EB12 EC29 GG01

最終頁に続く

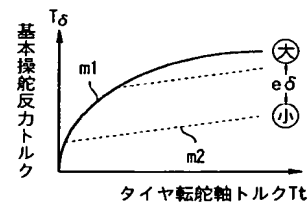
(54) 【発明の名称】 電動式操舵装置

## (57) 【要約】

【課題】 キックバック等の外乱による操舵反力トルクの変動を抑制防止する。

【解決手段】 外乱がないときのタイヤ転舵軸トルク $T_t$ と基本操舵反力トルク $T_\delta$ との対応を表す特性線 $m_1$ と、特性線 $m_1$ よりもタイヤ転舵軸トルク $T_t$ の変動量に対する基本操舵反力トルク $T_\delta$ の変動量が小さく且つ操舵角が大きいきほ基本操舵反力トルク $T_\delta$ が大きくなる特性線 $m_2$ とを設定する。外乱がなく、タイヤ転舵軸トルク $T_t$ が特性線 $m_1$ と $m_2$ との交点以下のときは基本操舵反力トルク $T_\delta$ を特性線 $m_1$ に基づき設定し、タイヤ転舵軸トルク $T_t$ に応じた操舵反力トルクを発生させ、外乱によりタイヤ転舵軸トルク $T_t$ が特性線 $m_1$ と $m_2$ との交点よりも大きいときは特性線 $m_2$ に基づき設定し、タイヤ転舵軸トルク $T_t$ に対する基本操舵反力トルク $T_\delta$ の変動量がより小さくなるよう設定し、外乱によるタイヤ転舵軸トルク $T_t$ 変動に伴う操舵反力トルクの変動を抑制する。

【選択図】 図6



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

操舵機構と機械的に分離された転舵機構を、前記操舵機構の操舵量に応じて駆動制御すると共に、前記転舵機構の転舵に伴う反力トルクを前記操舵機構に付与するようにした電動式操舵装置において、

操舵角を検出する操舵角検出手段を備え、前記転舵機構の転舵軸トルクに応じた反力トルクを前記操舵機構に付与し且つ前記転舵軸トルクに対する反力トルクの特性を、前記操舵角検出手段で検出された操舵角に応じて変えるようになっていることを特徴とする電動式操舵装置。

## 【請求項2】

操舵機構と機械的に分離された転舵機構を、前記操舵機構の操舵量に応じて駆動制御すると共に、前記転舵機構の転舵に伴う反力トルクを前記操舵機構に付与するようにした電動式操舵装置において、

操舵角を検出する操舵角検出手段と、

前記転舵機構の転舵軸トルクを検出する転舵軸トルク検出手段と、

当該転舵軸トルク検出手段で検出された転舵軸トルクに応じた反力トルクを前記操舵機構に付与する反力トルク付与手段と、を備え、

当該反力トルク付与手段は、前記操舵角検出手段で検出された操舵角に応じて前記転舵軸トルクに対する反力トルクの特性を変えるようになっていることを特徴とする電動式操舵装置。

## 【請求項3】

前記反力トルク付与手段は、前記特性を、前記操舵角が小さいときほど、前記転舵軸トルクに対する反力トルクが小さくなるように変えることを特徴とする請求項2記載の電動式操舵装置。

## 【請求項4】

車速を検出する車速検出手段を備え、

前記反力トルク付与手段は、前記特性を、前記車速が小さいときほど、前記転舵軸トルクに対する反力トルクが小さくなるように変えることを特徴とする請求項2又は3記載の電動式操舵装置。

## 【請求項5】

カウンタステア操作を行っているかどうかを判断するカウンタステア操作検出手段を備え、

前記反力トルク付与手段は、車両に外乱が作用していないときの転舵軸トルクに相当する反力トルクに応じて設定される特性を基準とし、当該基準となる特性において特性の変更を行い、

前記カウンタステア操作検出手段でカウンタステア操作を検出した場合には、前記特性の変更を行わないようになっていることを特徴とする請求項2乃至4の何れかに記載の電動式操舵装置。

## 【請求項6】

前記反力トルク付与手段は、前記転舵軸トルクがしきい値以下のときには、第1の特性に基づいて前記反力トルクを決定し、前記転舵軸トルクがしきい値よりも大きいときには、前記第1の特性よりも、前記転舵軸トルクの変動量に対する前記反力トルクの変動量がより小さい第2の特性に基づいて前記反力トルクを決定し、前記操舵角検出手段で検出される操舵角が大きいときほど前記しきい値をより大きな値に設定するようになっていることを特徴とする請求項2記載の電動式操舵装置。

## 【請求項7】

車速を検出する車速検出手段を備え、

前記反力トルク付与手段は、前記車速が大きいときほど、前記しきい値をより大きな値に設定するようになっていることを特徴とする請求項6記載の電動式操舵装置。

## 【請求項8】

10

20

30

40

50

前記第1の特性は、車両に外乱が作用していないときの転舵軸トルクに相当する反力トルクに依りて設定されることを特徴とする請求項6又は7に記載の電動式操舵装置。

【請求項9】

カウンタステア操作を行っているかどうかを判断するカウンタステア操作検出手段を備え

、当該カウンタステア操作検出手段でカウンタステア操作を検出した場合には、前記転舵軸トルクの大きさに関わらず前記第1の特性に基づいて前記反力トルクを設定することを特徴とする請求項6乃至8の何れかに記載の電動式操舵装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

この発明は、ステアリングホイールの操作量に応じてアクチュエータにより転舵トルクを発生させて転舵を行うと共に、この転舵トルクに応じてアクチュエータによりステアリングホイールに操舵反力トルクを発生させるようにした電動式操舵装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、運転者が操舵するステアリングホイールと転舵輪の転舵機構とが機械的に切り離され、エンコーダ等の検出器によりステアリングホイールの操舵角を検出し、この操舵角検出値に応じて、アクチュエータによりトルクを発生させて転舵輪を転舵する操舵装置として、ステアバイワイヤ式の操舵装置が知られている。

20

【0003】

この種の操舵装置では、操舵角に応じた転舵トルクを発生させると共に、転舵トルクに応じた操舵反力トルクを、アクチュエータによりステアリングホイールに付与することによって、ステアリングホイールと転舵輪とが機械的に連結された場合と同等の操作環境を運転者に提供するようにしている。

ところで、前記操舵トルクを検出し、これに基づきトルク制御を行う際に、キックバック等の外乱を考慮し、トルク補正を行う方法として、例えば、特開平7-228263号公報に記載されるものや、特開2000-159135号公報に記載される、電動パワーステアリング装置が提案されている。

【0004】

30

このうち、特開平7-228263号公報に記載される電動パワーステアリング装置は、ステアリングシャフトに発生するトルクを操舵トルクとして検出し、この操舵トルクに応じてアシストトルクを付与するが、単位時間当たりの操舵角変化が少なく、且つ操舵トルクの変化量が大きいときに、路面からのキックバックが発生したと判定し、キックバックによる影響を考慮してアシストトルクを補正する構成としている。また、特開2000-159135号公報に記載される電動パワーステアリング装置は、過去の所定時間内の操舵角情報から目標中立位置を算出して補助操舵トルクを付加し、中立位置の操舵角情報から目標中立位置を算出して補助操舵トルクを付加し、中立位置の操舵反力を偏らせることにより路面カント等による負荷変化に伴う操舵反力トルクを低減する構成としている。

【0005】

40

【特許文献1】

特開平7-228263号公報

【特許文献2】

特開2000-159135号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記従来の電動パワーステアリング装置のうち、特開平7-228263号公報に記載されるものでは、単位時間当たりの操舵角変化が少なく、且つ操舵トルクの変化量が大きいときに路面からのキックバックが発生したと判定し、それからアシストトルクを補正する構成となっているため、少なくともキックバック判定までの、操舵トルク

50

変化は抑制防止することができない。また、操舵中は、単位時間当たりの操舵角変化が少なくないので、キックバックが発生しても、これを検出することができず、アシストトルクも補正できない。また、路面カントのように定常的な入力の場合には、操舵トルクの変化量が大きくないためにアシストトルクの補正ができない。また、前記特開2000-159135号公報に記載される電動パワーステアリング装置では、路面カント等による負荷変化に伴う操舵反力トルクは低減できるが、短時間の外乱やキックバックによるハンドル取られまでは改善できない。

#### 【0007】

したがって、ステアバイワイヤ式の転舵装置において、転舵機構に発生する転舵トルクを検出し、これに基づき操舵反力発生用のアクチュエータを駆動させて、ステアリングホイールに対して操舵反力を発生させる際に、上記特許文献1或いは2に記載されたようなキックバック等の外乱に対する処理を行った場合、この場合も上記と同様に、キックバック判定までの操舵反力トルク変化の抑制防止を行うことができず、また短時間の外乱やキックバックによるハンドル取られまでを改善することができないという問題がある。

10

#### 【0008】

そこで、この発明は、上記従来の未解決の問題に着目してなされたものであり、キックバック等の外乱による操舵反力トルクの変動を適切に抑制防止することの可能な電動式操舵装置を提供することを目的としている。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る電動式操舵装置は、操舵機構と機械的に分離された転舵機構を、操舵機構の操舵量に応じて駆動制御すると共に、転舵機構の転舵軸トルクに依じた反力トルクを操舵機構に付与する。このとき、転舵軸トルクに対する反力トルクの特性を、操舵角に応じて変える。

20

#### 【0010】

##### 【発明の効果】

本発明に係る電動式操舵装置によれば、転舵軸トルクに依じた反力トルクを操舵機構に付与するが、転舵軸トルクに対する反力トルクの特性を操舵角に応じて変えるようにしたから、例えば、外乱等によって転舵軸トルク変動が生じた場合でも、この時点における操舵角に依じた反力トルク変動が生じることになる。よって、例えば、操舵角の変化に伴う転舵軸トルク変動に対する反力トルク変動に対し、操舵角一定での転舵軸トルク変動に対する反力トルク変動がより小さくなるような特性に設定すれば、外乱等により転舵軸トルク変動が生じた場合における、反力トルク変動を低減することができる。

30

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明における電動式操舵装置の一例を示す概略構成図である。

図中、1は、運転者が操舵するステアリングホイールであって、このステアリングホイール1の回転中心部には、ステアリングシャフト2が連結されている。このステアリングシャフト2には、操舵角センサ3、操舵トルクセンサ4及び反力発生モータ5が取り付けられている。

40

#### 【0012】

前記操舵角センサ3は、例えばエンコーダ等から構成され、ステアリングシャフト2の回転角、すなわち操舵角 $\delta$ を検出し、これをコントロールユニット10に出力する。また、操舵トルクセンサ4は、例えば公知のトルクセンサで構成され、ステアリングシャフト2に発生する操舵トルク $T_S$ を検出してコントロールユニット10に出力する。前記反力発生モータ5は、コントロールユニット10によって駆動制御され、運転者がステアリングホイール1に加えている操舵力と反対方向に操舵反力を発生する。

#### 【0013】

また、図1中、11はラック軸、12はラック軸11のラックギアと噛合するピニオンギ

50

アであって、ラック軸 11 とビニオンギア 12 とでラック・ビニオン機構を構成している。前記ビニオンギア 12 には、ビニオンシャフト 13 が設けられている。このビニオンシャフト 13 には、第 1 転舵モータ 14 が設けられ、第 1 転舵モータ 14 の回転運動が、ビニオンシャフト 13 を介してビニオンギア 12 に伝達され、ラック軸 11 の往復運動に変換されるようになっている。また、前記ラック軸 11 には、第 2 転舵モータ 15 が設けられ、第 1 転舵モータ 14 及び第 2 転舵モータ 15 を駆動することにより、ラック軸 11 を往復運動させるようになっている。そして、このラック軸 11 の往復直線運動は、タイロッド 16 と図示しないナックルアームとにより転舵輪 20 の転舵運動に変換され、これによって、転舵輪 20 の転舵が行われるようになっている。なお、前記第 1 及び第 2 転舵モータ 14 及び 15 は、コントロールユニット 10 によって駆動制御される。また、反力発生モータ 5、第 1 転舵モータ 14 及び第 2 転舵モータ 15 は、例えばデューティ比制御により駆動制御され、何れかの方向に正逆転制御されるようになっている。

#### 【0014】

前記タイロッド 16 には、転舵軸トルク  $T_7$  を検出するための軸力センサ 21 及び、ラック軸 11 の移動量を検出するためのポテンショメータ等の変位センサ 22 が設けられている。

また、車両には自車両の車速を検出する車速センサ 23 が搭載され、これら各種センサの検出信号は、コントロールユニット 10 に供給される。

#### 【0015】

このコントロールユニット 10 では、前記第 1 及び第 2 の転舵モータ 14、15 を駆動し転舵輪 20 を転舵させる転舵制御処理と、前記反力発生モータ 5 を駆動し操舵反力を発生させる反力発生処理とを実行する。

図 2 は、コントロールユニット 10 の構成を表す制御ブロック図である。

図中、31 は前記反力発生処理を行う反力発生処理部、32 は前記転舵制御処理を行う転舵制御処理部である。

#### 【0016】

反力発生処理部 31 では、カウンタ判定部 31a において、操舵角センサ 3 で検出された操舵角  $\delta$  に基づきカウンタステア状態であるかどうかを判断し、このカウンタ判定部 31a での判断結果と、車速センサ 23 で検出された車速  $V$ 、軸力センサ 21 で検出されたタイヤ転舵軸トルク  $T_7$  及び操舵角センサ 4 で検出された操舵角  $\delta$  に基づき、目標操舵反力演算部 31b において目標操舵反力トルク  $T_{\delta}^*$  を算出する。そして、演算部 31c において、操舵トルクセンサ 4 で検出された操舵トルク  $T_S$  と目標操舵反力トルク  $T_{\delta}^*$  との差分値に基づいて、操舵トルク  $T_S$  と目標操舵反力トルク  $T_{\delta}^*$  とが一致するような駆動制御信号を生成し、この駆動制御信号に基づきモータドライバ 31d が反力発生モータ 5 を駆動制御することにより、目標操舵反力トルク  $T_{\delta}^*$  を発生させる。

#### 【0017】

また、転舵制御処理部 32 では、目標タイヤ転舵角演算部 32a において、操舵角センサ 3 で検出した操舵角  $\delta$  に基づいて、公知の手順で、転舵輪 20 の目標転舵角  $\delta_7^*$  を算出する。そして、演算部 32b において、目標転舵角  $\delta_7^*$  と変位センサ 22 で検出された変位  $X_S$  とに基づいて、タイロッド 16 に付与すべき目標転舵トルクを演算して第 1 及び第 2 の転舵モータの駆動制御信号を生成し、この駆動制御信号に基づきモータドライバ 32c が第 1 及び第 2 転舵モータ 14、15 を駆動し、変位センサ 22 の変位  $X_S$  を、ステアリングホイール 1 の操舵角  $\delta$  に追従させる。

#### 【0018】

図 3 は、コントロールユニット 10 の反力発生処理部 31 で実行される反力発生処理の処理手順の一例を示すフローチャートであって、コントロールユニット 10 では、所定のサンプリング時間、例えば 10 msec、毎に、図 3 の演算処理を行うようになっている。なお、この演算処理では、特に通信のためのステップを設けていないが、算出された情報は随時記憶装置に更新記憶されると共に、記憶装置に記憶されている情報は随時演算処理装置に読み込まれる。

10

20

30

40

50

## 【0019】

この演算処理では、まず、ステップS1で、車速センサ23で検出された車速V、軸力センサ21で検出されたタイヤ転舵軸トルクT<sub>7</sub>、操舵角センサ3で検出された操舵角 $\delta$ 、操舵トルクセンサ4で検出された操舵トルクT<sub>5</sub>を読み込む。

次いで、ステップS2に移行し、前記ステップS1で読み込んだ操舵角 $\delta$ の時間微分値、すなわち、操舵角速度 $\delta'$ を算出する。

## 【0020】

次いで、ステップS3に移行し、図4の制御マップにしたがって、ステップS1で読み込んだ車速Vに基づいて、操舵角係数KSを算出する。前記図4の制御マップにおいて、横軸は車速V、縦軸は操舵角係数KSであって、例えば、車速が所定車速V<sub>1</sub>以下では、操舵角係数KSは“0”となり、所定車速V<sub>1</sub>よりも大きい車速V<sub>2</sub>以上の領域では、操舵角係数KSは“1”に設定され、車速V<sub>1</sub>からV<sub>2</sub>の間では、車速Vの増加に比例して操舵角係数KSは“0”から“1”に増加する。

## 【0021】

なお、前記所定車速V<sub>1</sub>は、例えば、停止時の据え切りや、タイヤセルフアライニングトルクが十分に発生されない車速域、例えば20km/h程度に設定される。この領域はタイヤ転舵負荷が高いことが知られている。

次いで、ステップS4に移行し、カウンタステア状態であるかどうかを判定するための、例えば図5に示す公知のカウンタ判定処理を行う。

## 【0022】

このカウンタ判定処理では、図5に示すように、まず、ステップS21で、操舵角 $\delta$ の絶対値を、カウンタステア中であるか否かの判断を行うためのカウンタ判断値 $\delta_S$ と比較する。このカウンタ判断値 $\delta_S$ は、中立点付近の例えば $\pm 10^\circ$ 程度の値に設定される。これは、目標操舵反力トルクT $\delta^*$ は、操舵角に応じて設定されるので、目標操舵反力トルクT $\delta^*$ がごく小さい範囲、すなわち、操舵角の絶対値 $|\delta|$ が零に近いある範囲で切り替える必要があるからである。

## 【0023】

このステップS21の処理で、操舵角 $\delta$ の絶対値 $|\delta|$ とカウンタ判断値 $\delta_S$ とが等しい場合には、ステップS22に移行し、前回処理実行時に所定の記憶領域に格納した操舵角 $\delta$ 及び操舵角速度 $\delta'$ を、前回値として所定の記憶領域に更新記憶すると共に、今回処理実行時にあける操舵角 $\delta$ 及び操舵角速度 $\delta'$ を今回値として所定の記憶領域に格納する。

## 【0024】

次に、ステップS23に移行し、操舵角 $|\delta|$ がカウンタ判断値 $\delta_S$ であるときの、操舵角 $\delta$ 及び操舵角速度 $\delta'$ それぞれの前回値及び今回値について符号を比較する。

ここで、中立点付近からの急転舵時には、操舵角と前輪の横滑り角との関係が保たれているので、操舵反力の抑制制御の停止は不要である。そのため、カウンタステア操舵と中立点付近からの急転舵との区別を行う必要がある。この区別を行うために、操舵角 $\delta$ 及び操舵角速度 $\delta'$ の前回値及び今回値の符号の比較を行う。カウンタステア操舵時には、操舵の方向、すなわち、操舵角の符号が今回値 $\delta_n$ と前回値 $\delta_{n-1}$ とで互いに異なる。また、操舵角の今回値 $\delta_n$ と操舵角速度の今回値 $\delta'_n$ と操舵角速度の前回値 $\delta'_{n-1}$ との符号が一致する。

## 【0025】

したがって、これらの条件からカウンタステア操舵と中立点付近からの急転舵とを区別することができる。

そして、ステップS23の処理で、操舵角及び操舵角速度の前回値及び今回値が、カウンタステア操舵とみなすことの可能な符号条件を満足している場合には、ステップS24に移行し、次に、今回の操舵角速度 $\delta'$ と、操舵角速度 $\delta'$ のしきい値 $\delta_{TH}'$ とを比較する。

## 【0026】

ここで、カウンタステア操舵時の操舵角速度は、通常操舵時に比較して早くなるので、予

10

20

30

40

50

め設定した操舵角速度 $\delta'$ のしきい値 $\delta_{TH}'$ と操舵角速度の今回値 $\delta'$ とを比較し、今回値 $\delta'$ が、しきい値 $\delta_{TH}'$ 以上であるとき、ステップS25に移行して、カウンタステア状態であるとし、カウンタ補正係数 $K_c$ を $K_c = K_{cm} \alpha \times$ に設定する。

【0027】

一方、前記ステップS23の処理で、符号条件を満足しないとき、また、ステップS24の処理で操舵角速度 $\delta'$ が、しきい値 $\delta_{TH}'$ を下回るときには、カウンタステア状態ではないと判断しそのまま処理を終了する。

また、前記ステップS21で、操舵角 $\delta$ の絶対値 $|\delta|$ とカウンタ判断値 $\delta_S$ とが等しくない場合にはステップS26に移行し、操舵角 $\delta$ が $\delta = 0$ になったことを検出したならば、ステップS27に移行して、カウンタ補正係数 $K_c$ を $K_c = 1$ にセットする。そして、カウンタ判定処理を終了する。また、前記ステップS26で、操舵角 $\delta$ が $\delta = 0$ になったことを検出しない場合には、そのまま処理を終了する。

【0028】

このようにして、ステップS4の処理でカウンタ判定処理を行ったならば、次いでステップS5に移行し、ステップS3で算出した操舵角係数 $K_S$ と、前記ステップS1で読み込んだ操舵角 $\delta$ の絶対値と、カウンタ補正係数 $K_c$ とを乗算し、操舵角影響度 $e_\delta$ を算出する。

次いで、ステップS6に移行し、図6の制御マップにしたがって、前記ステップS5で算出された操舵角影響度 $e_\delta$ 及びステップS1で読み込まれた軸力センサ21で検出されたタイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ をもとに、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ に応じた基本操舵反力トルク $T_\delta$ を算出する。

【0029】

図6の制御マップにおいて、横軸はタイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ 、縦軸は基本操舵反力トルク $T_\delta$ である。図6中、実線で示された曲線からなる特性線m1は、操舵角 $\delta$ と車速 $V$ とから推測される、外乱が加わらないときの操舵反力トルクの発生範囲であって、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が大きいほど基本操舵反力トルク $T_\delta$ が増加するように設定され、且つ、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が小さいほど、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ の変化量に対する基本操舵反力トルク $T_\delta$ の変化量が大きく、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が大きくなるほど、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ の変化量に対する基本操舵反力トルク $T_\delta$ の変化量が小さくなるように設定される。

【0030】

また、図6中、破線で示された直線からなる特性線m2は、傾きが一定であり、且つ特性線m2よりも基本操舵反力トルク $T_\delta$ が小さくなるように設定され、特性線m2の縦軸との切片は、前記操舵角影響度 $e_\delta$ に応じて変化し、操舵角影響度 $e_\delta$ が最小値であるとき、切片は最小値となり、操舵角影響度 $e_\delta$ がしきい値 $e_{\delta TH}$ 以上であるとき、特性線m2に基づく基本操舵反力トルク $T_\delta$ の最大値が、特性線m1における基本操舵反力トルク $T_\delta$ の最大値に限りなく接近するようになっている。

【0031】

そして、基本操舵反力トルク $T_\delta$ は、図6に曲線で示す特性線m1と、直線で示す特性線m2とに応じて設定され、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が、特性線m1と操舵角影響度 $e_\delta$ に応じた特性線m2との交点におけるタイヤ転舵軸トルク以下であるときには、基本操舵反力トルク $T_\delta$ は特性線m1に基づいて設定され、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が特性線m1及びm2の交点におけるタイヤ転舵軸トルクを超えるときには特性線m2に基づいて設定される。

【0032】

つまり、操舵角係数 $K_S$ を一定、非カウンタステア操舵状態であると考えるとき、操舵角 $|\delta|$ が小さいほど特性線m1と特性線m2との交点は、タイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が小さい方に移動する。そして、基本操舵反力トルク $T_\delta$ は、特性線m1とm2とで構成されるマップに従い、両者の交点よりもタイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が小さい領域では、特性線m1に応じて基本操舵反力トルク $T_\delta$ が設定され、両者の交点よりもタイヤ転舵軸トルク $T_\tau$ が

10

20

30

40

50



大きい領域では、特性線  $m_2$  にしたがって、基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定される。したがって、操舵角  $\delta$  の増加に応じてタイヤ転舵軸トルクが増加するとこれに伴って特性線  $m_1$  に沿って、基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が増加するから、キックバック等の外乱がない状態では、タイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  の増加に伴ってこれに応じた基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定されると共に、例えば、カント走行中のような小操舵角或いは操舵中に、短時間の外乱やキックバック等によってタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  が大きくなると、操舵角が一定であることから前記特性線  $m_1$  から特性線  $m_2$  に切り替わりこの特性線  $m_2$  にしたがって、特性線  $m_1$  に応じた基本操舵反力トルク  $T_\delta$  よりもより小さな基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定される。よって、ハンドル取られ等を伴う操舵反力トルクの変動を抑制防止することが可能となる。

10

#### 【0033】

また、車速  $V$  が比較的小さい領域では、操舵角係数が“0”に設定されることから、切片が最小である特性線  $m_2$  に応じて基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定されることになる。つまり、据え切りや微低速時には、タイヤ転舵軸トルクは走行時に比較して大きいため、操舵角に応じて特性線  $m_2$  を変化させた場合、操舵角の増加に応じてタイヤ転舵軸トルクが増加するとこれに応じて基本操舵反力トルク  $T_\delta$  も増加することになるが、車速  $V$  が所定車速  $V_2$  よりも小さい場合には、操舵角係数が“0”又は“1”よりも小さい値に設定されることから、操舵角影響度  $e_\delta$  が小さい値に制限され、操舵角の増加に伴う、基本操舵反力トルク  $T_\delta$  の増加が抑制される。したがって、据え切りや微定速時での、操舵角の増加に伴う基本操舵反力トルク  $T_\delta$  の増加が防止される。

20

#### 【0034】

また、カウンタステア操舵状態である場合には、操舵角影響度  $e_\delta$  に関わらず、特性線  $m_1$  に沿って基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定される。つまり、前記カウンタ補正係数  $K_{cm} \alpha \times$  は、操舵角  $\delta$  及び操舵角係数  $K_S$  の値に関わらず、操舵角影響度  $e_\delta (=K_S \cdot |\delta| \cdot K_{cm} \alpha \times)$  がそのしきい値  $e_{\delta TH}$  以上となる値に設定され、カウンタステア操舵状態である場合には、カウンタ補正係数  $K_c$  が  $K_c = K_{cm} \alpha \times$  に設定されることから、操舵角影響度  $e_\delta$  がしきい値  $e_{\delta TH}$  以上となり、特性線  $m_2$  が、特性線  $1$  に近づくことから、操舵角影響度  $e_\delta$  に関わらず、特性線  $m_1$  に沿って基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定されるようになっている。

#### 【0035】

このようにして、ステップ  $S_6$  で基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が算出されたならば、ステップ  $S_7$  に移行し、図7の制御マップにしたがって、ステップ  $S_1$  で読み込んだ車速  $V$  に応じた車速係数  $K_v$  を算出する。この図7の制御マップでは、車速  $V$  が小さな領域では、車速係数  $K_v$  は比較的大きな一定値に設定され、車速  $V$  が大きな領域では速度係数  $K_v$  は比較的小さい一定値に設定され、二つの領域の間では、車速  $V$  の増加に伴って車速係数  $K_v$  がリニアに減少するように設定されている。

30

#### 【0036】

次に、ステップ  $S_8$  に移行し、図8の制御マップにしたがって、ステップ  $S_2$  で算出された操舵角速度  $\delta'$  をもとに、ダンピングトルク  $T_d$  を算出する。このダンピングトルク  $T_d$  は、ステアリングホイール  $1$  に意図的に与える重み或いは減衰力のようなものである。したがって、図8の制御マップは、操舵角速度  $\delta'$  が大きいほど、ダンピングトルク  $T_d$  がリニアに大きくなるように設定されている。

40

#### 【0037】

次いで、ステップ  $S_9$  に移行し、前記ステップ  $S_6$  で算出された基本操舵反力トルク  $T_\delta$  から、ステップ  $S_8$  で算出したダンピングトルク  $T_d$  を減算し、これを目標操舵反力トルク  $T_\delta^*$  とする。

次いで、ステップ  $S_{10}$  に移行し、ステップ  $S_9$  で算出した目標操舵反力トルク  $T_\delta^*$  からステップ  $S_1$  で読み込んだ操舵トルク  $T_S$  を減算し、これに基づいて、反力発生モータ5で発生すべきトルクに応じた駆動制御信号を生成し、これをモータドライバ31dに出力する。

50

## 【0038】

これによって、モータドライバ31dが反力発生モータ5を駆動制御し、目標操舵反力トルク $T_{\delta}^*$ が発生される。

次に、上記実施の形態の動作を説明する。

今、車速 $V$ が所定値 $V_2$ よりも大きい状態であるとする、操舵角係数 $K_S$ は $K_S = 1$ に設定される。

## 【0039】

外乱が発生していない場合、操舵が行われこれに伴ってタイヤ転舵軸トルク $T_7$ が増加すると、非カウンタステア状態であるから、カウンタ補正係数 $K_c$ は $K_c = K_{cm} \alpha \times$ に設定される。そして、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ が比較的小さい領域では、操舵角の増加に伴って特性線 $m_2$ の切片が上昇し、図6の制御マップに示す特性線 $m_1$ に沿うように基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が設定される。このとき、図6の特性線 $m_1$ は、予め外乱のない状況において、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ が発生したときに、操舵角、車速に応じて発生すると予測される基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ にしたがって設定されているから、操舵に伴って違和感を与えることのない操舵反力トルクがステアリングホイール1に作用する。また、操舵角が大きくなるにしたがって、特性線 $m_1$ と特性線 $m_2$ とが交わるときの基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が大きくなるように設定しているから、操舵角の増加に応じて特性線 $m_2$ の切片が増加し、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ が増加に伴って特性線 $m_1$ に沿って基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が設定されることになり、外乱のない旋回走行時には、操舵に応じた適度な基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ を設定することができる。

## 【0040】

そして、操舵角一定で旋回している状態で、キックバック、或いはカント走行等により外乱が発生すると、操舵角一定の状態、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ が変動することから、この時点における操舵角影響度 $e_{\delta}$ に応じて特定される特性線 $m_2$ に基づいて基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が設定されることになる。

ここで、図6に示すように、直線からなる特性線 $m_2$ は、曲線からなる特性線 $m_1$ よりも基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が小さくなるように設定されている。したがって、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ の変動に対し、特性線 $m_1$ に基づく基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ の変動よりも特性線 $m_2$ に基づく基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ の変動の方が小さい。よって、外乱により操舵反力トルクが変動することに起因して、ハンドル取られが発生することを防止することができる。また、このとき、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ と操舵角影響度 $e_{\delta}$ とで特定される特性線 $m_2$ に基づいて基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ を検出するようにしている。したがって、外乱に伴うタイヤ転舵軸トルク $T_7$ の変動に追従して基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ を抑制することができ、キックバック初期であっても操舵反力トルクの変動を低減することができ、外乱に対する操舵反力トルクの変動を速やかに低減することができる。

## 【0041】

また、カントのない路面からカント路に進入した場合、同じ操舵角であってもタイヤ転舵軸トルク $T_7$ が変動することになるが、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ が変動すると、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ と操舵角影響度 $e_{\delta}$ に応じた特性線 $m_2$ とに基づいて基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が特定されることになる。このとき、特性線 $m_2$ に基づく基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ の変動量は、特性線 $m_1$ に基づく基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ の変動量に比較して小さいから、カント路走行に進入したことに伴う操舵反力トルクの変動を低減することができる。

## 【0042】

また、旋回走行中に、運転者がカウンタステア操舵を行った場合、これがカウンタ判定処理によって検出され、カウンタ補正係数 $K_c$ は $K_c = K_{cm} \alpha \times$ に設定される。したがって、操舵角影響度 $e_{\delta}$ がしきい値 $e_{\delta_{TH}}$ 以上となり、特性線 $m_2$ が、特性線1に近づくことから、操舵角影響度 $e_{\delta}$ に関わらず、特性線 $m_1$ に沿って基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ が設定されることになる。したがって、カウンタステア操舵を行ったときには、基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ は、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ に応じた値に設定される。よって、カウンタステア操舵時には、タイヤ転舵軸トルク $T_7$ の変動に対する基本操舵反力トルク $T_{\delta}$ の変

動の小さい特性線  $m_2$  ではなく、特性線  $m_1$  に基づいて基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定されるから、カウンタステア操舵に伴うタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  の変動に応じた操舵反力トルク変動が生じることになり、カウンタステア操舵時においても操舵反力トルクが軽くなり過ぎることを防止することができ、カウンタステア操舵時に操舵反力トルクを低減すること起因して運転者に違和感を与えることを回避することができる。

#### 【0043】

一方、据え切りを行った場合には、操舵角係数  $K_S$  は“0”に設定されるから、操舵角影響度  $e_\delta$  は、零となり特性線  $m_2$  は、タイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  に対応する基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が最小となる特性線に設定される。このとき、特性線  $m_2$  が最小値である場合でもタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  が比較的小さい領域では、特性線  $m_1$  に沿って基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定される。したがって、操舵を開始しタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  が小さい状態では、特性線  $m_1$  に沿って基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定されるから、タイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  の変動に応じた操舵反力が発生されるから、据え切り開始時にはある程度の操舵反力トルクが発生されることになり、タイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  がさらに大きくなると、特性線  $m_1$  に替えて特性線  $m_2$  に基づいて基本操舵反力トルク  $T_\delta$  が設定され、特性線  $m_1$  に比較してタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  の変動に対する基本操舵反力トルク  $T_\delta$  の変動は小さい。ここで、車速  $V$  に応じた操舵角係数  $K_S$  を考慮せず、操舵角の増加に応じて特性線  $m_2$  を変動させた場合、据え切り時に、操舵量が増加するに伴って操舵反力トルクが大きくなることになる。しかしながら、車速  $V$  に応じた操舵角係数  $K_S$  に応じて特性線  $m_2$  を特定するようにしているから、据え切り時に操舵量の増加に伴って操舵反力トルクが大きく増加することではなく、これに伴う違和感を運転者に与えることを防止することができる。

#### 【0044】

また、車速  $V$  が  $V_1$  から  $V_2$  の間である場合には、操舵角係数が“0”から“1”の値に設定される。このため、操舵角影響度  $e_\delta$  は車速  $V$  が  $V_2$  よりも大きい場合に比較してより小さい値に設定される。したがって、車速が比較的小さい領域また、上述の据え切り時等のようにセルフアライニングトルクが十分に発生されない車速域でありタイヤ転舵負荷が高い領域では、特性線  $m_1$  に沿って基本操舵反力トルク  $T_\delta$  を設定して、ある程度のタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  まではタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  の増加に応じた操舵反力トルクを発生させ、その後は、特性線  $m_2$  に沿って基本操舵反力トルク  $T_\delta$  を設定してタイヤ転舵軸トルク  $T_\tau$  の増加量に伴う基本操舵反力トルク  $T_\delta$  の変動を低減することにより、操舵量の増加に応じて操舵反力トルク  $T_\delta$  が増加することを回避することができる。

#### 【0045】

したがって、全車速域に渡って、適度な操舵反力トルクを発生させることができ、運転者に対し、良好な操舵フィーリングを与えることができる。

なお、上記実施の形態においては、コントロールユニットをマイクロコンピュータで構築する場合について説明したが、これに限らず、同等の演算回路や論理回路で構築するようにしてもよい。

#### 【0046】

ここで、上記実施の形態において、ステアリングホイール 1 及びステアリングシャフト 2 が操舵機構に対応し、ラック軸 11、タイロッド 16 及び転舵輪 20 が転舵機構に対応し、操舵角センサ 3 が操舵角検出手段に対応し、軸力センサ 21 が転舵軸トルク検出手段に対応し、反力発生モータ 5 及び図 3 の反力発生処理が反力トルク付与手段に対応し、車速センサ 23 が車速検出手段に対応し、図 5 のカウンタ判定処理がカウンタステア操作検出手段に対応し、図 6 の特性線  $m_1$  が第 1 の特性に対応し、特性線  $m_2$  が第 2 の特性に対応している。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の電動式操舵装置の位置実施形態を示す全体概略構成図である。

【図 2】図 1 のコントロールユニット 10 の構成を示す制御ブロック図である。

【図 3】図 1 のコントロールユニット 10 で実行される反力発生処理の処理手順の一例を示すフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図4】車速と操舵角係数との対応を表す制御マップである。

【図5】図3のカウンタ判定処理の処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】タイヤ転舵軸トルク $T_t$ と基本操舵反力トルク $T_s$ との対応を表す制御マップである。

【図7】車速 $V$ と車速係数 $K_v$ との対応を表す制御マップである。

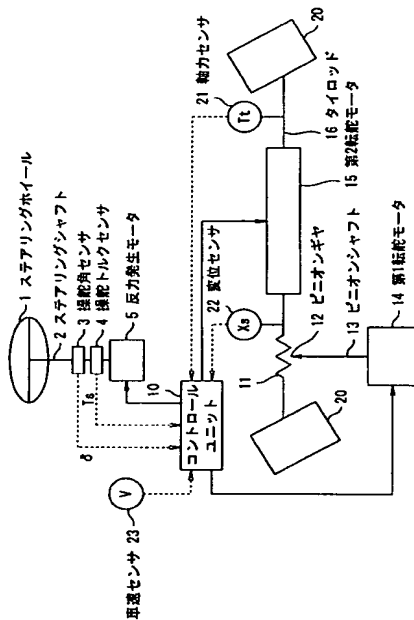
【図8】操舵角速度 $\delta'$ とダンピングトルク $T_d$ との対応を表す制御マップである。

【符号の説明】

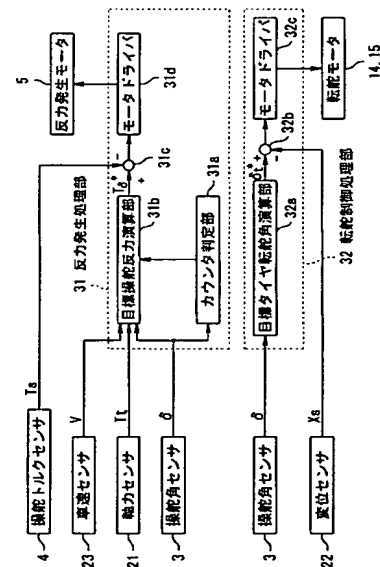
- 1 ステアリングホイール
- 2 ステアリングシャフト
- 3 操舵角センサ
- 4 操舵トルクセンサ
- 5 反力発生モータ
- 10 コントロールユニット
- 14 第1転舵モータ
- 15 第2転舵モータ
- 21 軸力センサ
- 22 変位センサ
- 23 車速センサ

10

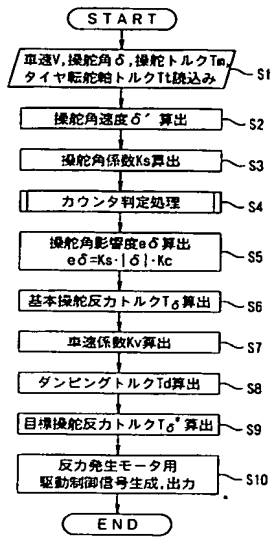
【図1】



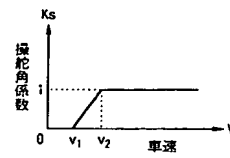
【図2】



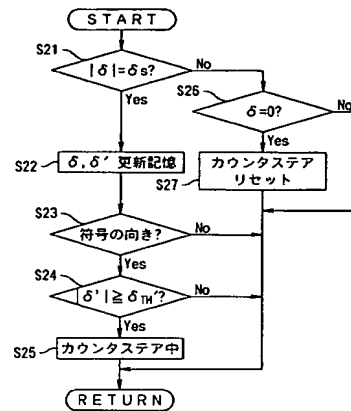
【図 3】



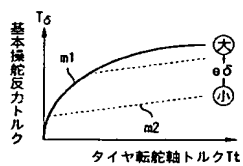
【図 4】



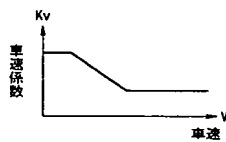
【図 5】



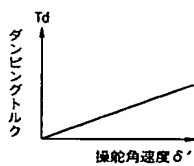
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 3D083 CA13 CA16 CA17 CA18 CA19 CA20 CA22 CA31